

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-317299

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
C23C 16/50  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/31

(21)Application number : 11-007581

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.01.1999

(72)Inventor : TONOYA JUNICHI  
SUZUKI HIROYUKI

(30)Priority

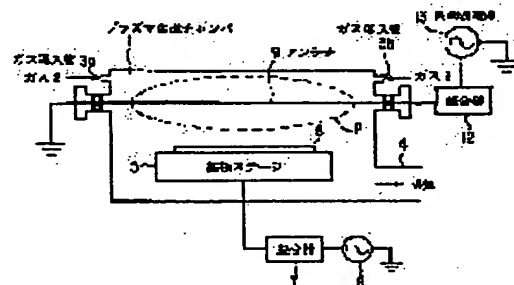
Priority number : 10 34916 Priority date : 17.02.1998 Priority country : JP

(54) HIGH FREQUENCY DISCHARGE METHOD, ITS DEVICE, AND HIGH FREQUENCY PROCESSING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simplify the structure of an antenna, reduce the cost of replacing component, and facilitate maintenance by arranging at least one linear antenna for generating an induction field for forming plasma by the supply of high frequency power within a vacuum container.

**SOLUTION:** At least one inner linear antenna 9 is arranged so as to cross a plasma forming chamber 1 having gas introduction pipes 3a, 3b at the top, an exhaust pipe 4 at the bottom, and a base plate stage 5 for placing a workpiece 6 on the inside. The outer circumference of an antenna conductor such as a copper pipe inside which a coolant flows is covered with an insulator, and one end is connected to a high frequency power source 13 through a matching device 12 containing a capacitor. By connecting the capacitor to the other end to be earthed, electrostatic coupling with plasma P can be controlled. By using the inner linear antenna 9 suitable for replacement when it is consumed by sputtering, power transmission efficiency is made higher than an outer setting type antenna, and although the magnetic flux density is lower than a loop type, the antenna 9 is near to the plasma P and has high contribution factor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置し、このアンテナに高周波電力を供給することにより前記真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成する高周波放電方法。

【請求項 2】 容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置するとともに、1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にコンデンサを接続し、このコンデンサの容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させ、前記アンテナと前記プラズマとの静電的結合を制御することを特徴とする高周波放電方法。

【請求項 3】 アンテナ導体の外周側に絶縁被覆を施してある前記アンテナにすることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の高周波放電方法。

【請求項 4】 上記絶縁被覆内部には、アンテナ導体が偏心して設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の高周波放電方法。

【請求項 5】 上記アンテナ導体は、処理対象である被処理体側に向かい偏心して設けられていることを特徴とする請求項 4 記載の高周波放電方法。

【請求項 6】 容器内に誘導電界を発生させることにより前記容器内にプラズマを生成するための高周波放電装置において、高周波電流の供給により前記誘導電界を発生する前記容器内に配置するための少なくとも 1 つの直線状のアンテナ、を具備したことを特徴とする高周波放電装置。

【請求項 7】 複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする請求項 6 記載の高周波放電装置。

【請求項 8】 1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にそれぞれ接続され、容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させるために少なくとも 1 つのコンデンサを付加したことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 記載の高周波放電装置。

【請求項 9】 前記アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されていることを特徴とする請求項 6 乃至請求項 8 のいずれかに記載の高周波放電装置。

【請求項 10】 プラズマ生成用のガスが内部に供給され、かつ内部に被処理体が配置される真空容器と、高周波電力用の電源と、この電源からの高周波電力の供給により前記真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成させ、前記被処理体に対して処理を行なわせる前記真空容器内に配置された少なくとも 1 つの直線状のアンテナと、1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にそれぞれ接続された少なくとも 1 つのコンデンサと、を具備したことを特徴とする高周波処理装置。

【請求項 11】 複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする請求項 10 記載

の高周波処理装置。

【請求項 12】 前記アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 13】 前記コンデンサは、容量が可変であり、この容量を変化させて前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 14】 上記絶縁被覆によりアンテナ導体の外周側が被覆されていると共に、この絶縁被覆内部にはアンテナ導体が上記絶縁被覆に対して偏心して設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 15】 上記アンテナ導体は、前記被処理体側に偏心して設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 16】 上記絶縁被覆は、その径が上記アンテナ導体に沿った方向に向かって変化するように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 17】 上記絶縁被覆は、上記アンテナ導体の一部分を覆うように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 18】 上記絶縁被覆は、上記真空容器中央部分に対応する上記アンテナ導体の部位を被覆するように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 19】 上記絶縁被覆は、上記真空容器の内壁側に面する上記アンテナ導体を覆うように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 20】 前記アンテナ導体は、少なくとも 1 つの湾曲部を有することを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体ウェハ上の薄膜素子の製造、或いは粒子ビーム源や分析装置などのプラズマ源に用いられる高周波放電方法及びその装置並びに高周波処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】金属、半金属、半導体、酸化物、窒化物、砒素などを構成要素とする薄膜が形成された素子（以下、薄膜素子と称する）は、LSI、磁気記録装置、光記録装置などの記憶装置、半導体レーザ、光電変換素子などの通信機器、平面ディスプレイ、固体撮像素子などの表示装置、太陽電池などのエネルギー機器など、多種多様な装置の主要部品に応用されており、今後、機器の小型化、高性能化を進展させるための必須部品として技術的発展が期待されている。

【0003】このような薄膜素子は、その構造の微細

化、高性能化が進んでおり、例えばエッチング、CVDなどでプラズマを用いた製造プロセスが重要となつている。そして、製造プロセスで用いる被処理体の基板の面積も生産性向上の観点から大面積化している。

【0004】このような製造プロセスを実現するために誘導結合型の高周波プラズマ装置が注目されている。この誘導結合型の高周波プラズマ装置は、通常、真空容器の外部又は内部にループ状のアンテナ（以下、ループアンテナと称する）を配置し、このアンテナに高周波電流を流すことにより発生する誘導電界を真空容器内のガスに

【0005】この場合、アンテナにより発生する誘導電界は、真空容器に設置された誘電体窓を通して真空容器内のガスに加えられ、かつその高周波電力は、誘導電界を通してプラズマと結合する。

【0006】このうちループアンテナを真空容器の内部に配置した内部アンテナ方式のものは、アンテナを真空容器の内部に直接配置し、このアンテナに高周波電流を流してプラズマを生成するものであり、アンテナとプラズマとの間の距離が短いので、アンテナからプラズマへの高周波電力が効率よく伝達され、容易に高密度なプラズマ生成が可能となる。

【0007】このような内部アンテナ方式のプラズマ処理装置としては、例えば特開平7-18433号公報にスパッタリングに用いた技術の例が、又は特開平8-81777号公報にCVDに用いた技術の例が記載されている。

【0008】すなわち、誘導結合型の高周波放電では、アンテナに流れる高周波電流によって生じた誘導電界だけでなく、アンテナの高周波電圧によりアンテナとプラズマとの間に静電界をも生じる。

【0009】この静電界の発生により外部アンテナ方式では誘電体窓の表面に負の直流セルフバイアス電圧が発生し、内部アンテナ方式ではアンテナ自体にプラズマに対して直流セルフバイアス電圧が発生する。

【0010】そして、この直流セルフバイアス電圧によってプラズマ中のイオンが加速され、誘電体窓やアンテナ自体がスパッタリングされる。このスパッタリングの現象は、内部アンテナ方式ではアンテナとプラズマとの距離が短いのでより顕著に現れる。

【0011】このようなスパッタリングの現象は、例えば上記特開平7-18433号公報に記載された技術のように真空容器の内部に配置されたアンテナに直流バイアス電圧を印加しない状態でもアンテナでスパッタリングが起こる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CVDやエッチングなどのプロセスに内部アンテナ方式を用いると、スパッタリングされた原子や分子が不純物としてプロセスに悪影響を与える。

【0013】すなわち、アンテナとプラズマとの静電的結合の結果、アンテナ又はアンテナ近傍の誘電体には、負の直流セルフバイアス電圧が発生し、このセルフバイアス電圧によつて放電により生じたイオンが加速され、誘電体やアンテナの材料がスパッタされる。例えば、アンテナの材料が銅であれば、この銅そのものや電離した銅が真空容器の内壁や被処理体に付着及び堆積する。

【0014】又、内部アンテナ方式では、スパッタリングによってアンテナが消耗するので、このアンテナはある程度消耗すると、新品のアンテナと交換される。すなわち交換部品として取り扱われる。

【0015】ところで、大口径な真空容器内に均一な密度のプラズマを生成する際において、外部アンテナ方式では、アンテナの形状やその配置に適正化が行なわれ、複雑で微妙な形状のアンテナが採用されている。

【0016】これに対して内部アンテナ方式では、上記の通りアンテナが交換部品として取り扱われるので、部品コストの低減やメンテナンスの向上を図るために、アンテナは出来る限り単純な構造であることが必要となっている。

【0017】そこで本発明は、容器内に配置するアンテナを単純な構造にできる高周波放電方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0018】又、本発明は、真空容器内に配置するアンテナの構造を単純にして高周波処理ができる高周波処理装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1によれば、容器内に少なくとも1つの直線状のアンテナを配置し、このアンテナに高周波電力を供給することにより真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成する高周波放電方法である。

【0020】請求項2によれば、容器内に少なくとも1つの直線状のアンテナを配置するとともに、1つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にコンデンサを接続し、このコンデンサの容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させ、前記アンテナと前記プラズマとの静電的結合を制御することを特徴とする高周波放電方法である。

【0021】請求項3によれば、請求項1又は2記載の高周波放電方法において、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆を施してあるアンテナとする。

【0022】請求項4によれば、請求項3記載の高周波放電方法において、絶縁被覆内部には、アンテナ導体が偏心して設けられていることを特徴とする。

【0023】請求項5によれば、請求項4記載の高周波放電方法において、アンテナ導体は、処理対象である被処理体側に向かい偏心して設けられていることを特徴とする。

【0024】請求項6によれば、容器内に誘導電界を

生させることにより前記容器内にプラズマを生成するための高周波放電装置において、高周波電流の供給により前記誘導電界を発生する前記容器内に配置するための少なくとも1つの直線状のアンテナ、を具備したことを特徴とする高周波放電装置である。

【0025】請求項7によれば、請求項6記載の高周波放電装置において、複数のアンテナは、互いに直列接続又は並列接続されている。

【0026】請求項8によれば、請求項6又は請求項7記載の高周波放電装置において、1つのアンテナの接地側又は複数のアンテナ間にそれぞれ接続され、容量の変化によりアンテナ上での高周波電圧分布を変化させるために少なくとも1つのコンデンサを付加した。

【0027】請求項9によれば、請求項6乃至請求項8のいずれかに記載の高周波放電装置において、アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されている。

【0028】請求項10によれば、プラズマ生成用のガスが内部に供給され、かつ内部に被処理体が配置される真空容器と、高周波電力用の電源と、この電源からの高周波電力の供給により真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成させ、被処理体に対して処理を行なわせる真空容器内に配置された少なくとも1つの直線状のアンテナと、1つのアンテナの接地側又は複数のアンテナ間にそれぞれ接続された少なくとも1つのコンデンサと、を備えた高周波処理装置である。

【0029】請求項11によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする。

【0030】請求項12によれば、請求項10に記載の高周波処理装置において、アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されている。

【0031】請求項13によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、コンデンサは、容量が可変であり、この容量を変化させてアンテナ上での高周波電圧分布を変化させる。

【0032】請求項14によれば、上記絶縁被覆によりアンテナ導体の外周側が被覆されていると共に、この絶縁被覆内部にはアンテナ導体が絶縁被覆に対して偏心して設けられていることを特徴とする請求項10記載の高周波処理装置である。

【0033】請求項15によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、アンテナ導体は、被処理体側に偏心して設けられていることを特徴とする。

【0034】請求項16によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、その径が上記アンテナ導体に沿った方向に向かって変化するよう設けられていることを特徴とする。

【0035】請求項17によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、上記アンテナ導体の一部分を覆うよう設けられていることを特徴とす

る。

【0036】請求項18によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、上記真空容器中央部分に対応する上記アンテナ導体の部位を被覆するよう設けられていることを特徴とする。

【0037】請求項19によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、真空容器の内壁側に面するアンテナ導体を覆うよう設けられていることを特徴とする。

10 【0038】請求項20によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、アンテナ導体は、少なくとも1つの湾曲部を有することを特徴とする。

【0039】

【発明の実施の形態】(1) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0040】図1は本発明の高周波放電方法を適用した高周波処理装置の構成図である。

20 【0041】真空容器としてのプラズマ生成チャンバ1は、例えば円筒状に形成され、その上部にはエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2を供給するためのガス導入管3a、3bが接続されるとともに、その下部には排気管4が接続されている。このプラズマ生成チャンバ1は、円筒状に限らず、四辺形等の立方体形状に形成されていてもよい。

【0042】なお、排気管4には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ1内が所望の圧力に保たれている。

30 【0043】又、プラズマ生成チャンバ1内には、基板ステージ5が設けられ、この基板ステージ5上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物6が載置されている。なお、この基板ステージ5には、整合器7を介して電源8が接続され、基板ステージ5に対して所定電圧のバイアスが印加されるようになっている。

40 【0044】さらに、プラズマ生成チャンバ1内には、直線状のアンテナ（以下、内部直線アンテナと称する）9がプラズマ生成チャンバ1を横切るように配置されている。なお、ここで直線と称しているのは、内部直線アンテナ9全体として直線状であれば足り、この直線状アンテナ9の一部に湾曲した部分があることを許容するものとする。

【0045】この内部直線アンテナ9は、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ図2に示すように例えば銅パイプのアンテナ導体10の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプ11で絶縁被覆を施したものとなっている。

50 【0046】このアンテナ導体10は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、内部直線アンテナ9の温度上昇が防止されている。

【0047】なお、内部直線アンテナ9は、アンテナ導体10の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0048】この内部直線アンテナ9の一端には、図1に示すように整合器12を介して高周波電源13が接続され、かつ他端側は接地されている。

【0049】このうち整合器12は、コンデンサ及びコイルから構成され、高周波電源13への反射電力を零にする作用を有している。

【0050】次に上記第1の実施の形態におけるアンテナの配置の変形例について図3及び図4を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略し、かつ基板ステージ5及びこの基板ステージ5上に載置される被加工物6も省略する。

【0051】図3は内部直線アンテナを2本直列接続した高周波処理装置の一例を示す構成図である。

【0052】プラズマ生成チャンバ1には、2本の内部直線アンテナ14、15がプラズマ生成チャンバ1を横切るように、かつ互いに上下関係に配置されている。

【0053】これら内部直線アンテナ14、15は直列接続され、かつこのうち一方の内部直線アンテナ14の一端が整合器12を介して高周波電源13に接続されるとともに、他方の内部直線アンテナ15の他端が接地されている。

【0054】これら内部直線アンテナ14、15は、上記内部直線アンテナ9の同様に、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ例えば銅パイプのアンテナ導体の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプで絶縁被覆を施したものとなっている。この銅パイプのアンテナ導体は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、2つのアンテナ14、15の温度上昇が防止されている。

【0055】なお、これら内部直線アンテナ14、15は、アンテナ導体の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0056】図4は内部直線アンテナを2本並列接続した高周波処理装置の一例を示す構成図である。

【0057】プラズマ生成チャンバ1には、2本の内部直線アンテナ16、17がプラズマ生成チャンバ1を横切るように、かつ互いに上下関係に配置されている。

【0058】これら内部直線アンテナ16、17は並列接続され、かつこれら内部直線アンテナ16、17の共通接続された一端が整合器12を介して高周波電源13に接続されるとともに、同様に共通接続された他端が接地されている。

【0059】これら内部直線アンテナ16、17は、上\*  

$$p_{rr} = (p_{rr} - R_a \cdot I_{rr}^2) / p_{rr}$$
 により求めた。ここで、 $p_{rr}$ はプラズマPの生成時の高周波電源13の出力電力、 $I_{rr}$ は内部直線アンテナ9、14、15又は16、17に流れる高周波電流である。 50

\* 記内部直線アンテナ9の同様に、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ例えば銅パイプのアンテナ導体の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプで絶縁被覆を施したものとなっている。この銅パイプのアンテナ導体は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、2つのアンテナ14、15の温度上昇が防止されている。

【0060】なお、これら内部直線アンテナ16、17は、アンテナ導体の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0061】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0062】図1に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された直線状の内部直線アンテナ9に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、内部直線アンテナ9の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0063】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0064】図3に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1内部の直列接続された2本の内部直線アンテナ14、15に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、これら内部直線アンテナ14、15の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0065】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0066】図4に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1内部の並列接続された2本の内部直線アンテナ16、17に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、これら内部直線アンテナ16、17の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0067】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0068】ここで、上記内部アンテナ方式によりプラズマPを生成した場合のアンテナからプラズマへの電力伝達効率 $p_r$ を測定した。

【0069】この電力伝達効率 $p_r$ は、

$$\dots (1)$$

【0070】又、 $R_a$ は内部直線アンテナ9、14、15又は16、17の抵抗で、プラズマ生成チャンバ1内にガス2を導入せずに上記各内部直線アンテナ9、1

4、15又は16、17に高周波電力を供給し、プラズマPを生成させないときの高周波出力電力を、そのときの内部直線アンテナ9、14、15又は16、17に流れる電流の2乗で除算した値としている。

【0071】この電力伝達効率 $p$ 、を求めることにより、プラズマ生成時の高周波電力出力のうち何割がプラズマ生成に消費されているのかを見積もることができる。

【0072】かかる電力伝達効率 $p$ 、を測定する実験には、上記図1に示す1本の内部直線アンテナ9を配置した装置を用い、プラズマ生成条件は、

酸素ガス流量=100 sccm

圧力=10 Pa

高周波電力=20~800 W

とした。

【0073】図5は電力伝達効率 $p$ 、の投入する高周波電力の依存性を示す図である。

【0074】同図は、1本の内部直線アンテナ9を配置した装置の比較として、外部アンテナ方式の誘導結合型の高周波処理装置の結果についても示してある。なお、内部直線アンテナ9は、プロセスに影響を及ぼす金属がスパッタリングされるのを防ぐために石英パイプ11で被覆されている。

【0075】図6はかかる比較対象とする外部アンテナ方式の高周波処理装置の構成図を示す。

【0076】プラズマ生成チャンバ18は、その上部にエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2を供給するためのガス導入管19a、19bが接続されるとともに、その下部には排気管20が接続されている。

【0077】この排気管20には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ18内に所望の圧力に保たれている。

【0078】又、プラズマ生成チャンバ18内には、基板ステージ21が設けられ、この基板ステージ21上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物22が載置されている。

【0079】さらに、プラズマ生成チャンバ18の上部には、石英窓23が設けられ、この石英窓23上にループアンテナ24が設けられている。

【0080】このループアンテナ24は、銅パイプを1巻したもので、その一端には、整合器25を介して高周波電源26が接続され、他端は接地されている。

【0081】このような構成であれば、ループアンテナ24に対して高周波電源26から高周波電流が整合器25を通して流れると、このループアンテナ24の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界が石英窓23を通してプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられ

る。これによりプラズマPが生成され、被処理体22に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0082】しかるに、上記図5に示す1本の内部直線アンテナ9の装置と外部アンテナ方式の装置との電力伝達効率 $p$ 、の測定結果から内部直線アンテナ9を用いた装置は、外部アンテナ方式の装置に比べ、電力伝達効率 $p$ 、が高く、プラズマ生成に関して問題のないことが分かる。

【0083】この結果は、内部直線アンテナ9では、誘導電界を発生させる部分での磁束密度がループアンテナ24に比べて小さくなると考えられるが、内部直線アンテナ9がプラズマPと近接しているため、比較的強い電界がプラズマ中に誘導されるので、高周波電流によって発生する磁束の多くが誘導電界の発生に有効に寄与するためと考えられる。

【0084】次に、2本の内部直線アンテナを用いたときの電力伝達効率 $p$ 、の測定結果について説明する。

【0085】図7は内部直線アンテナをプロセス生成チャンバ1内に配置した上記図1、図3及び図4に示す各装置、さらに上記図6に示す外部アンテナ方式の装置の計4種類の装置の電力伝達効率 $p$ 、の測定結果について示してある。なお、内部直線及び外部の各アンテナは、石英パイプ11で被覆されているものとする。

【0086】同図に示すように投入される高周波電力が500 Wを越える領域では、各アンテナの接続方法に関わらず電力伝達効率 $p$ 、が高く、誘導結合型の放電になっていると考えられる。

【0087】この領域において電力伝達効率 $p$ 、は、プロセス生成チャンバ1内に内部直線アンテナを1本直列接続した場合と2本直列接続した場合とでほぼ同一となり、かつ内部直線アンテナを2本並列接続した場合と外部アンテナを用いた場合とでほぼ同一となっている。

【0088】このように内部直線アンテナの本数や接続方法に関わらず内部アンテナ方式では、外部アンテナ方式に比べて電力伝達効率 $p$ 、が同程度又は大きいので、プラズマ密度も同程度又はそれ以上になるものと考えられる。

【0089】これにより、複数の内部直線アンテナをプラズマ生成チャンバ1内に配置し、これら内部直線アンテナの配置を適正化することによって大口径で均一な密度のプラズマ生成ができる。

【0090】次に、内部直線アンテナが図2に示すように石英パイプ11で被覆された場合の測定結果について説明する。

【0091】上記図1に示す1本の内部直線アンテナ9を用いた装置においてArプラズマの電子密度を測定した結果、その電子密度は $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ となり、十分に高密度なプラズマ生成が可能であることが確認された。



【0092】又、内部直線アンテナ9を図2に示すようにアンテナ導体10の周囲を石英パイプ11で被覆した場合とアンテナ導体10の金属無垢の場合とについて、内部直線アンテナ9のスパッタリングによって生じる不純物を実験によって調べた。

【0093】この実験方法は、上記図1に示す装置によって例えばArプラズマを生成し、基板ステージ5上に被処理体6としてpoly-SiやCuを成膜した半導体ウエハを載置し、この半導体ウエハ上にスパッタリングされた原子、分子の存在をXPS(X線誘起光電子分光)により元素分析する方法をとった。

【0094】図8は内部直線アンテナ9のスパッタリングによって生じる不純物の実験結果を示す図である。石英パイプ11で覆わない場合、半導体ウエハ上にAlが検出され、poly-Si上に内部直線アンテナ9のAlがスパッタリングされて堆積していることが分かる。poly-Siが検出されていないことからXPSの検出深さを考えると、少なくとも50オングストローム以上堆積していると考えられる。

【0095】一方、石英パイプ11で覆った場合、Siは検出されず、かつ未処理の半導体ウエハと同じ元素組成であることから、石英パイプ11のスパッタリングは、プロセスに影響を与えない程度に抑制されていると考えられる。

【0096】このように石英パイプ11でアンテナ導体10を覆うことにより、プラズマPを外側アンテナ方式と同等の高プラズマ密度に保ったまま、プロセスに悪影響を与えるスパッタリングによって発生する不純物の発生を防ぐことができる。

【0097】このように上記第1の実施の形態においては、アンテナ構造を直線状にし、このアンテナを1本又は複数本直列又は並列に互いに接続し、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置したので、プラズマ生成チャンバ1内に配置するアンテナを、作製が容易で交換等のメンテナンス性に優れた単純な構造にでき、かつこのアンテナで高密度なプラズマPをプラズマ生成チャンバ1内に生成できる。

【0098】又、大口径で密度の均一なプラズマを生成する場合には、プラズマ密度が均一になるように複数の内部直線アンテナを互いに直列又は並列接続する組み合わせを適正化することにより実現できる。

【0099】さらに、アンテナ導体10を石英パイプ11等の絶縁物で覆うので、アンテナのスパッタリングにより発生する金属不純物を抑制できる。(2)以下、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、上記図1、図3及び図4と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0100】図9は本発明の高周波放電方法を適用した高周波処理装置の構成図である。

【0101】内部直線アンテナ9の一端には、整合器1

2を介して高周波電源13が接続され、他端は浮遊コンデンサ30を介して接地されている。

【0102】この浮遊コンデンサ30は、可変容量であり、その容量C<sub>1</sub>を変化させて内部直線アンテナ9上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9とプラズマPとの静電的結合を制御する作用を持っている。

【0103】すなわち、図10(a)に示すように内部直線アンテナ9に浮遊コンデンサ30が接続されていなければ、接地に対するA点の電圧は同図(b)に示すように0Vとなり、A点とB点との間には同図(c)に示すように高周波電源13の電圧に対応した電圧波形が現れる。この波形は、同図(d)に示すように接地に対するB点に付いても同様である。

【0104】これに対して図11(a)に示すように内部直線アンテナ9に浮遊コンデンサ30を接続すると、A点には、この浮遊コンデンサ30の電圧降下により同図(b)に示すようにA点とB点との間の電圧位相〔図4(c)〕と逆位相で2分の1倍の振幅を持つ電圧が現れる。

【0105】従って、接地からB点の電圧は、同図(b)に示す浮遊コンデンサ30による逆位相の電圧と同図(c)に示すA点とB点との間の電圧とが重なり合った波形となり、同図(d)に示すような最大値の小さくなった電圧となる。

【0106】従って、浮遊コンデンサ30の容量C<sub>1</sub>を変化させることにより内部アンテナ9上の電圧分布を変化させて内部直線アンテナ9上の任意の点例えばA点とB点との中間点の電圧を0Vに制御できるものとなる。そして、このときには浮遊コンデンサがない場合に比べて高周波電圧について接地からB点までが半分となり大幅に静電的結合が抑制できる。

【0107】次に上記第2の実施の形態におけるアンテナの配置の変形例について図12及び図13を参照して説明する。なお、図9と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略し、かつ基板ステージ5及びこの基板ステージ5上に載置される被加工物6も省略する。

【0108】図12は内部直線アンテナ14、15を2本直列接続した高周波処理装置の構成図である。

【0109】2本の内部直線アンテナ14、15の間には中間コンデンサ31が接続されるとともに、内部直線アンテナ15と接地との間には浮遊コンデンサ30が接続されている。この中間コンデンサ31も浮遊コンデンサ30と同様に各内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合を制御するものである。

【0110】つまり、これら浮遊コンデンサ30、中間コンデンサ31は、それぞれ可変容量であり、その各容量C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>をそれぞれ変化させて各内部直線アンテナ14、15上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合

を制御する作用を持っている。

【0111】図13は内部直線アンテナ16、17を2本並列接続した高周波処理装置の構成図である。

【0112】これら内部直線アンテナ16、17の一端には、整合器12を介して高周波電源13が接続され、他端は浮遊コンデンサ32を介して接地されている。

【0113】この浮遊コンデンサ32は、可変容量であり、その各容量C<sub>1</sub>を変化させて各内部直線アンテナ16、17上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ16、17とプラズマPとの静電的結合を制御する作用を持っている。

【0114】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0115】図9に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された内部直線アンテナ9に高周波電源13から高周波電流が流れると、内部直線アンテナ9の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0116】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0117】このとき浮遊コンデンサ30は、その容量C<sub>1</sub>が調整されて内部直線アンテナ9上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0118】図12に示す装置において、2本の内部直線アンテナ14、15に高周波電源13から高周波電流が直列に流されると、これら内部直線アンテナ14、15の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0119】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0120】このとき浮遊コンデンサ30、中間コンデンサ31は、その容量C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>が調整されて内部直線アンテナ14、15上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0121】図13に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された2本の内部直線アンテナ16、17に高周波電源13から高周波電流が並列に流れると、これら内部直線アンテナ16、17の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0122】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0123】このとき浮遊コンデンサ32は、その容量C<sub>1</sub>が調整されて内部直線アンテナ16、17上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ16、17とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0124】次に、浮遊コンデンサ及び中間コンデンサの効果に関する実験結果について説明する。

【0125】この実験は、2本の内部直線アンテナを直列接続し、直列に接続するフローティングコンデンサの数と位置とによるアンテナ電圧分布等の変化を測定する。

【0126】図14はかかる実験に使用する高周波処理装置の構成図である。

【0127】プラズマ生成チャンバ40は、例えば円形状に形成され、その上部からエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2が内部に供給されるものとなっている。

【0128】又、プラズマ生成チャンバ40の下部には排気管41が接続されている。この排気管41には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ1内が所望の圧力に保たれている。

【0129】又、プラズマ生成チャンバ40内には、基板ステージ42が設けられ、この基板ステージ42上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物43が載置されている。

【0130】又、プラズマ生成チャンバ40の上部には、石英窓44が設けられている。

【0131】さらに、プラズマ生成チャンバ40内には、2本の内部直線アンテナ45、46がプラズマ生成チャンバ40を横切り、かつ直列接続されて互いに上下方向に配置されている。

【0132】これら内部直線アンテナ45、46は、例えば直径6mmの銅パイプから形成されるアンテナ導体を直径15mmの石英パイプで覆った構成で、アンテナ導体10の内側には冷媒が流れ、内部直線アンテナ45、46の温度上昇を防止している。

【0133】このうち内部直線アンテナ45の一端には、導電体のケースに納められたマッチャー47を介して高周波電源48が接続されている。

【0134】マッチャー47は、マッチングが取れるように容量を定める可変容量の各コンデンサ49、50から構成されている。

【0135】又、2つの内部直線アンテナ45、46の間には、中間コンデンサC<sub>2</sub>が接続されるとともに、内部直線アンテナ46の他端には、浮遊コンデンサC<sub>1</sub>が接続されている。

【0136】このような装置に対して以下の各測定装置が備えられている。

【0137】内部直線アンテナ45とマッチャー47と

の間には、RFプローブ51が設けられ、このRFプローブ51により電流I、電圧Vが測定されるものとなっている。

【0138】又、内部直線アンテナ45と中間コンデンサC、との間には、入力：出力が10000：1の高電圧プローブを介してオシロスコープ52が接続され、このオシロスコープ52により高周波電圧V、が測定されるものとなっている。

【0139】一方、発光分光測定器53のプローブ（受光部）54が石英窓44の上方に配置され、この発光分光測定器53によってArやOの発光強度が測定されるものとなっている。

【0140】又、CCDカメラ55がプラズマ生成チャンバ40内に配置され、このCCDカメラ55から出力される画像信号がテレビジョンモニタ56に送られるようになっている。

【0141】このCCDカメラ55は、2つの内部直線アンテナ45、46の各外周付近に生じるシースを撮像し、その画像信号を出力するものとなっている。

【0142】このシースは、各内部直線アンテナ45、46の外周付近で電子衝突反応が少ないため発光強度が極めて小さくなっているものである。

【0143】このシースの領域では、シースの厚さが大きいと電界が強くなり、各内部直線アンテナ45、46に高いエネルギーを持つイオンが入射してスパッタリングが発生し、逆にシースの厚さが小さいと電界が強くなり、各内部直線アンテナ45、46への低いエネルギーを持つイオンが入射する。

【0144】従って、シースの厚さが小さくなると低エネルギーのイオンが各内部直線アンテナ45、46に入射することから被処理体43に対して各内部直線アンテナ45、46からの不純物が付着しない。

【0145】次に以上の各測定装置を用いての浮遊コンデンサと中間コンデンサに対する測定結果について説明する。

【0146】図15はプラズマ生成チャンバ40内にArプラズマを生成し、かつArプラズマの電力を40W、100W、200W及び400Wについて変えたときの高周波電圧V、電圧V、電流I及び発光強度の測定結果を示す。

【0147】ここで、この測定結果は、図16に示すように浮遊コンデンサC、中間コンデンサC、の各容量の組み合わせを変えた各タイプa、b、cに分けて測定した。

【0148】なお、タイプcは、浮遊コンデンサC、と中間コンデンサC、の各容量が全て零であり、従来装置であって本発明装置との比較のために示してある。

【0149】又、図17は各タイプa、b、cにおける高周波電圧V、及び電圧Vについての高周波出力に対する高周波電圧の振幅を示している。

【0150】さらに、図18は各タイプa、b、cに対する各発光強度を示している。同図から分かるようにタイプb、すなわち浮遊コンデンサC、を350pF、中間コンデンサC、を零、追加コンデンサC、を150pFにした場合に発光強度が最も高くなっている。

【0151】この発光強度は、プラズマ電子密度とほぼ対応するものであり、その強度が高ければプラズマ電子密度が高いことを示している。

【0152】従って、上記実験結果であれば、タイプbが従来装置（タイプc）と比較しても最もプラズマ電子密度が高いことを示している。

【0153】一方、図19はプラズマ生成チャンバ40内にO、プラズマを生成し、かつO、プラズマの電力を40W、100W、200W、400W及び600Wについて変えたときにCCDカメラ55の撮像により得られたシース厚さの測定結果を示し、図20はそのグラフ化した図を示す。

【0154】これら図から分かるように高周波出力が大きくなるに従ってシース厚さが薄くなることが分かり、このうちでもタイプa、bのシース厚さが薄くなっているため、内部直線アンテナからのスパッタ量が抑制されエッチングやCVDでの不純物が抑えられる。

【0155】又、シース厚さの測定として2本の内部直線アンテナに対して浮遊コンデンサC、及び中間コンデンサC、を接続した場合と接続しない場合とについても行なった。

【0156】図21はかかるシース厚さ測定に用いた回路の概略構成図であって、同図(a)は浮遊コンデンサC、及び中間コンデンサC、を共に接続しない場合、同図(b)は浮遊コンデンサC、（例えば350pF）のみを接続しない場合、同図(c)は浮遊コンデンサC、（例えば700pF）及び中間コンデンサC、（例えば350pF）を共に接続した場合である。

【0157】このようなシース厚さの測定回路において、同図(a)に示す回路ではシース厚さが9.5mmとなり、同図(b)に示す回路ではシース厚さが4.1mmとなり、同図(c)に示す回路ではシース厚さが1.2mmとなる。

【0158】従って、浮遊コンデンサC、及び中間コンデンサC、を接続するとシース厚さが薄くなり、上記同様にエッチングやCVDでの不純物が抑えられる。

【0159】このように上記第2の実施の形態においては、内部直線アンテナ9と接地との間7や複数の内部直線アンテナ14、15などの各間に浮遊コンデンサ30や中間コンデンサ31を接続し、これら浮遊コンデンサ30や中間コンデンサ31の容量C、C、を変化させて内部直線アンテナ9などの上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9などとプラズマPとの静電的結合を制御するようにしたので、プラズマP放電の安定化と内部直線アンテナ9などによるスパッタの抑

制とを両立させるために内部直線アンテナ9などとプラズマPとの静電的結合を最適に制御できる。

【0160】これにより、負の直流セルフバイアス電圧によつてイオンが加速され、例えば、アンテナの材料がプラズマ生成チャンバ1の内壁や被処理体6にスパッタされることが抑制され、高周波プラズマ装置を長寿命化でき、エッチングやCVDなどのプロセスに悪影響を与えることはなくなる。

【0161】なお、上記第1の実施の形態と同様な効果、すなわちプラズマ生成チャンバ1内に配置するアンテナを、作製が容易で交換等のメンテナンス性に優れた単純な構造にでき、かつこのアンテナで高密度なプラズマPをプラズマ生成チャンバ1内に生成できる。

【0162】又、大口径で密度の均一なプラズマを生成する場合には、プラズマ密度が均一になるように複数の内部直線アンテナを直列又は並列接続した組み合わせを適正化することにより実現できる。

【0163】さらに、アンテナ導体10を石英パイプ11等の絶縁物で覆うので、アンテナのスパッタリングにより発生する不純物を抑制できる。

【0164】なお、本発明は、上記第1及び第2の実施の形態に限定されるものでなく各種変形してもよい。

【0165】例えば、内部直線アンテナの本数や接続方法は、上記第1及び第2の実施の形態に限定されず、プロセスに応じて例えば複数本の内部直線アンテナを互いに直列又は／及び並列としたり、又その配置の位置を互いに上下方向にしたり適宜変更してもよい。

(3) 以下、本発明の第3の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本実施の形態においても、同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0166】本実施の形態では、図22に示す高周波処理装置60のプラズマ生成チャンバ61に内部直線アンテナ62を挿通させるように設けた点では、上述の第1の実施の形態、若しくは第2の実施の形態で述べた高周波処理装置の構成と同様となっている。

【0167】また、内部直線アンテナ62を石英等の誘電体を材質とする石英パイプ63で覆った構成も、上述の実施の形態で述べた構成と同様である。なお、この石英パイプ63の形状も、上述の実施の形態と同様に円筒形状に形成されている。

【0168】しかしながら、本実施の形態では、この石英パイプ63の内部に存する中空部64に内部直線アンテナ62を偏心して配置している。具体的には、図23に示すように、内部直線アンテナ62に比較して、十分大きな径に形成された中空部64の内部に内部直線アンテナ62を置いた状態とし、石英パイプ63の内壁面にこの内部直線アンテナ62が接触するようにしている。

【0169】それによって、内部直線アンテナ62が被処理体6側に偏心して配置される構成となる。

【0170】このような偏心配置を実現するため、上記

高周波処理装置60のチャンバ61の上部側に挿通された石英パイプ63には、その端部側に図24に示すようなアンテナ固定部材65が取り付けられている。このアンテナ固定部材65は、図24に示すようにその外径が上記石英パイプ63の中空部64に取り付け固定可能な大きさに形成されている。

【0171】ここで、このアンテナ固定部材65は、その材質が例えばゴムから構成されており、また、アンテナ固定部材65の外径は上記石英パイプ63の開口端部にこれを弾性変形させて嵌め込むことが可能な大きさに形成されている。

【0172】なお、内部直線アンテナ62は、アンテナ固定部材65を設けずに中空部64の内壁面に接触するように置いた状態で配置される以外にも、中空部64の被処理体6側の内壁面と接触させず離間するように配置しても構わない。しかしながら、この場合でも、被処理体6側に内部直線アンテナ62が偏心配置されることが必要とされる。

【0173】以上のような構成を有する高周波処理装置60の作用効果について、以下に説明する。

【0174】高周波電源13が作動して、ここから高周波電流が整合器12を通して流れると、内部直線アンテナ62の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ61内部のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガス等のプロセスガスに加えられる。

【0175】それによって、プラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチングや薄膜形成等の処理が行われる。

【0176】この場合、上記内部直線アンテナ62は、石英パイプ63内部において上述の第1の実施の形態で述べた構成よりも、被処理体6側に近づくように偏心して配置されている。このため、石英ガラス63の下側の表面（被処理体6側）には偏心して配置しない場合と比べて強い電界を発生させることができる。

【0177】また、これとは逆に、石英ガラス63の上側の表面（被処理体6が設けられている部位と反対側）は、内部直線アンテナ62からの距離が遠くなるように設けられており、この部位では電界の発生が弱くなる。

【0178】このため、被処理体6のプラズマ処理等に関係のない部位で無駄なプラズマPの発生等を抑制することが可能となる。すなわち、プラズマPの密度分布を、被処理体6の処理を行う部分のみで高密度にするように、制御することが可能となる。それによって、高周波電流の効率良い利用を図ることが可能となる。

【0179】また、このような高周波電流の効率良い利用に加えて、プラズマ処理等に関係のない部位でのプラズマPの発生を抑えることにより、このような部位の内壁面で生じるスパッタの抑制が可能となる。それによって、高周波処理装置60の長寿命化にも貢献する。

【0180】ここで、上述の構成を採用した場合の具体

的な実験結果を、図25に基づいて以下に示す。この実験では、直径40cmのプラズマ生成チャンバ61に、内部直線アンテナ62を4本平行に配列している。この内部直線アンテナ62は、直径6mmの銅パイプであり、これが石英パイプ27に挿通された構成である。

【0181】石英パイプ27の直径は25mmに設けられていて、この石英パイプ27の下側に接触するように内部直線アンテナ62を設置している。それによって、内部直線アンテナ62は、石英パイプ27の内部で偏心した状態に設けられている。

【0182】また、石英パイプ27の下方側100mmの位置には、8インチウエハ用の基板ステージ5が設けられており、薄膜のプラズマによる処理を可能としている。

【0183】このような高周波処理装置60を用いてレジストのアッシングレートの比較実験を行ったときのグラフを以下に示す。この場合の放電条件は、 $O_2$  / C F<sub>4</sub> = 680 / 120 sccm, 100 mtorr, 1 kWとなっている。

【0184】このような条件下で実験を行った場合、内部直線アンテナ62と石英パイプ27とが同心にしたときは、アッシングレートは、平均1.04  $\mu\text{m}/\text{min}$  となっている。しかしながら、偏心させることにより、アッシングレートは平均1.04  $\mu\text{m}/\text{min}$  にまで上昇した。すなわち、約10%も上昇している。

【0185】この結果は、偏心させることによって、内部直線アンテナ61の下方でプラズマPの密度分布を上昇させるように、軸方向の密度分布が変化したことによって生じたものである。

【0186】以上の結果からも、アッシングレートの向上を図ることができたという結果が得られ、本実施の形態に係わる発明の有用性が実証されたものとなっている。

【0187】以上、本発明の第3の実施の形態について説明したが、本発明はこれ以外にも種々変形可能となっている。以下、これらの変形例について説明する。

【0188】図26は、石英パイプ70の形状を変形したものであり、石英パイプ70の長さ方向における中央部分が凹んだ凹部71となっている。それによって、石英パイプ70の中央部分では、内部直線アンテナ62と石英パイプ70の間の間隔が狭くなり、これによって石英パイプ70の表面の中央部分で強い電界を生じさせ、この中央部分でのプラズマ密度を高くするような制御を行うことができる。

【0189】また、図27に示す構成では、内部直線アンテナ62の両端部分のみに石英パイプ72を設けている。この石英パイプ72は、例えば錐形状に形成されており、夫々別個独立に内部直線アンテナ62に取り付けられる構成としている。

【0190】このような構成の石英パイプ72によって

も、プラズマ生成チャンバ61付近でのプラズマPの発生を抑制し、このプラズマ生成チャンバ61の内壁面がスパッタ等されるのを防止可能としている。すなわち、プラズマ生成チャンバ61の内壁付近でのプラズマ密度が低くなるような制御を行える構成である。

【0191】また、図28に示す構成では、内部直線アンテナ62のプラズマ生成チャンバ61の中央部分を石英パイプ73で覆う構成としている。このような構成とすることで、プラズマ生成チャンバ61の中央部分でのプラズマ密度を抑えることが可能となり、それによってプラズマ生成チャンバ61内部においてプラズマ密度を均一化する制御を行うことが可能となる。

【0192】さらに、図29に示す構成では、石英パイプ74の径を部分的に変化させている。例えばこの図に示すように、内部直線アンテナ62の中央部分の石英パイプ74の径を広くすることにより、この径の変化による石英パイプ74下方側でのプラズマ密度を変化させることが可能となる。よって、所望の位置で石英パイプ74の径を変化させれば、それに伴ってプラズマ生成チャンバ61内部でのプラズマ密度を適宜に制御可能となる。

【0193】また、図30(a)、(b)に示す構成では、一定の太さを有する石英パイプ27内部における内部直線アンテナ62を曲げた構成である。この石英パイプ27内部で内部直線アンテナ62の曲げ形状を調整することにより、プラズマ生成チャンバ61内部におけるプラズマ密度を制御することが可能となる。なお、図30(a)、(b)に示す内部直線アンテナ62の形状は代表的なものであり、この他プラズマ密度をどのように形成するかにより、種々の形状が想定される。例えば、図30(b)に示すように、プラズマ生成チャンバ61内部の中央部分において内部直線アンテナ62を被処理体6側に向けて変形させれば、内部直線アンテナ62に向けて変形させた部分の被処理体6側でのプラズマ密度を高くすることが可能となる。

【0194】以上、本発明について、第1乃至第3の実施の形態について説明したが、本発明はこれ以外にも種々変形可能であり、例えば内部直線アンテナ62を井形状に配置することにより、より効率的、均一なプラズマの生成を行うことを可能としている。

【0195】又、上記の説明では高周波を用いたエッチング(アッシング)やCVDなどの高周波処理装置に付いて述べたが、容器中などでプラズマ状態を作り出す源となる高周波放電装置も提供できる。

【0196】その他、本発明の要旨を変更しない範囲において、種々変形可能となっている。

【0197】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、容器内に配置するアンテナを単純な構造にできる高周波放電方法及びその装置を提供できる。

【0198】又、本発明によれば、真空容器内に配置す

るアンテナの構造を単純にして高周波処理ができる高周波処理装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる高周波放電方法を適用した高周波処理装置の第1の実施の形態を示す構成図。

【図2】同装置に用いるアンテナの構成図。

【図3】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを2本直列接続した変形例を示す構成図。

【図4】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを2本並列接続した変形例を示す構成図。

【図5】直線状のアンテナを用いた装置での電力伝達効率 $p$ 、の投入する高周波電力の依存性を示す図。

【図6】本発明装置の比較対象とする外部アンテナ方式の高周波処理装置の構成図。

【図7】2本の直線状のアンテナを用いた装置での電力伝達効率 $p$ 、の投入する高周波電力の依存性を示す図。

【図8】内部直線アンテナを配置したときのスパッタリングによって生じる不純物量の実験結果を示す図。

【図9】本発明に係わる高周波放電方法を適用した高周波処理装置の第2の実施の形態を示す構成図。

【図10】フローティングコンデンサが無いときのアンテナ上の高周波電圧分布を説明するための図。

【図11】フローティングコンデンサを接続したときのアンテナ上の高周波電圧分布を説明するための図。

【図12】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを2本直列接続した変形例を示す構成図。

【図13】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを2本並列接続した変形例を示す構成図。

【図14】フローティングコンデンサの実験に使用する高周波処理装置の構成図。

【図15】同装置においてArプラズマを生成したときの高周波電圧、電圧、電流及び発光強度の測定結果を示す図。

【図16】同装置の実験結果を得るためのフローティングコンデンサの各容量の組み合わせタイプを示す図。

【図17】高周波出力に対する高周波電圧の振幅を示す図。

【図18】フローティングコンデンサの各容量に対する各発光強度を示す図。

【図19】シース厚さの測定結果を示す図。

\*40

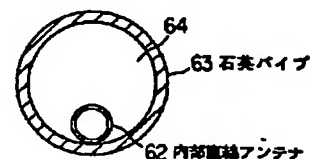
【図8】

表面元素組成比 [%]					
アンテナ	基板	Al	Cu	Si	C
Alむき出し	poly-Si	36.2	—	—	12.9
Cu直線+石英カバー	Cu	—	46.1	—	—

【図16】

各タイプでのコンデンサ容量		
タイプ	Cf	Cl
a	0	350pF
b	350pF	0
c	0	0

【図23】



\*【図20】同シース厚さの測定結果をグラフ化した図。

【図21】シース厚さを行なう測定回路を示す概略構成図。

【図22】本発明の第3の実施の形態に係わる高周波処理装置の構成を示す平面図。

【図23】同実施の形態に係わる石英パイプに内部直線アンテナを偏心して設けた状態を示す図。

【図24】同実施の形態に係わるアンテナ固定部材の形状を示す図。

10 【図25】同実施の形態に係わる同心状に設けられた内部直線アンテナと偏心して設けられた内部直線アンテナのアッシングレートの様子を示す比較図。

【図26】同実施の形態の変形例に係わる中央部が凹んだ石英パイプの形状を示す図。

【図27】同実施の形態の変形例に係わる内部直線アンテナの両端側に設けられる石英パイプの形状を示す図。

【図28】同実施の形態の変形例に係わる内部直線アンテナの中央に位置する石英パイプの形状を示す図。

20 【図29】同実施の形態の変形例に係わる中央部の径が大きく設けられた石英パイプの形状を示す図。

【図30】同実施の形態の変形例に係わる石英パイプとこれに挿通される内部直線アンテナの位置関係を示す図であり、(a)は内部直線アンテナが蛇行した形状、

(b)はプラズマ生成チャンバの中央部分において内部直線アンテナを被処理体側に向けて変形させた状態を示す図。

【符号の説明】

1：プラズマ生成チャンバ、

2：ガス、

30 5：基板ステージ、

6：被加工物、

9：内部直線アンテナ、

10：アンテナ導体、

11：石英パイプ、

13：高周波電源、

14、15、16、17：内部直線アンテナ、

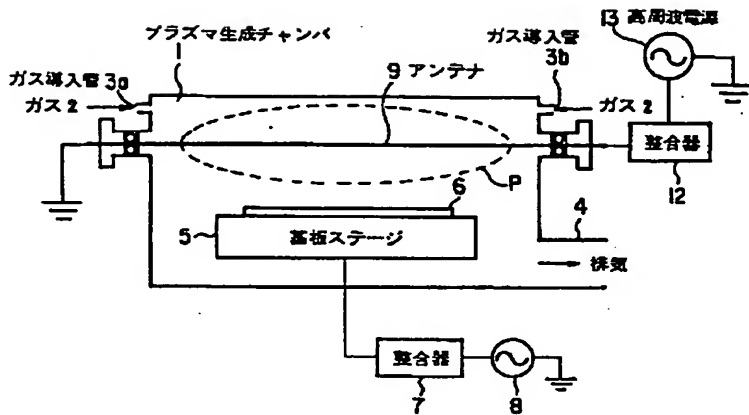
30、31、32：フローティングコンデンサ、

62：内部直線アンテナ、

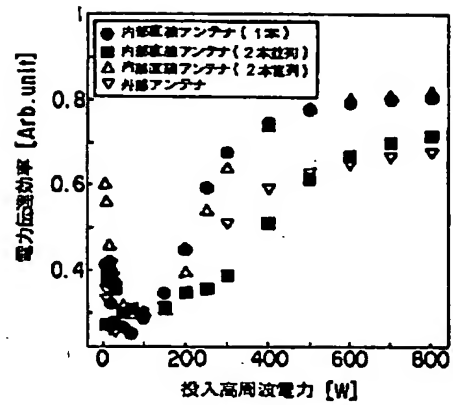
63、70、72、73、74：石英パイプ。



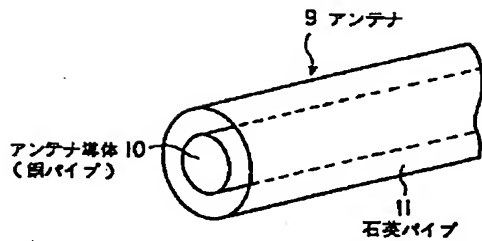
【図1】



【図7】



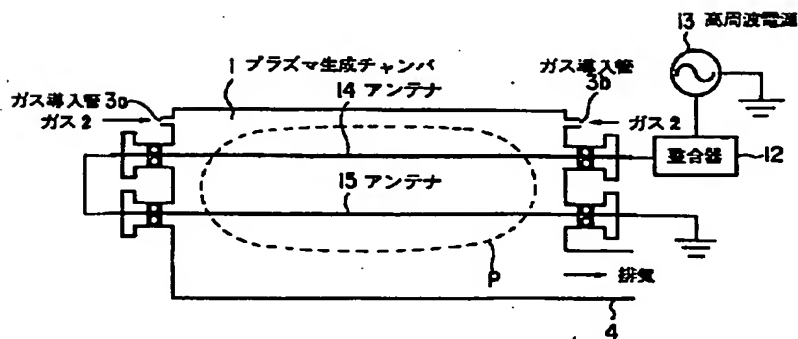
【図2】



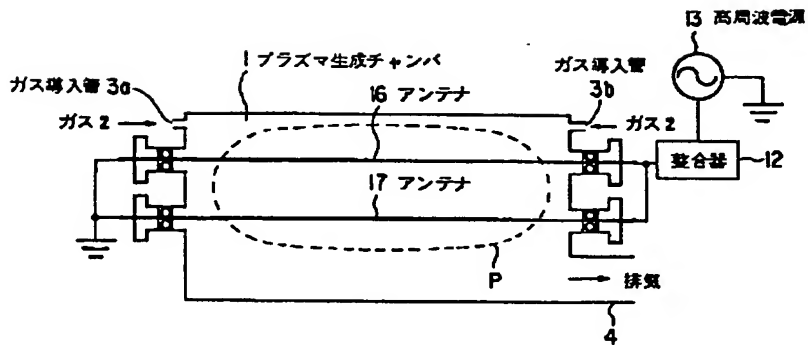
【図15】

	タイプ	Ar プラズマ			
		40W	100W	200W	400W
Vi [V]	a	45	40	34	28
	b	41	36	31	4
	c	261	313	412	560
V [V]	a	150	170	207	260
	b	149	173	214	275
	c	289	345	455	617
I [A]	a	3.8	5.0	7.0	10.2
	b	3.8	5.2	7.4	10.5
	c	3.3	4.2	6.0	8.7
発光強度 [a.u.]	a	0.005	0.110	0.220	1.100
	b	0.009	0.360	0.740	1.150
	c	0.039	0.100	0.240	0.890

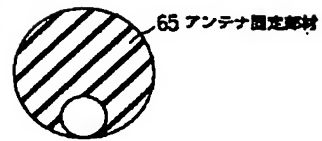
【図3】



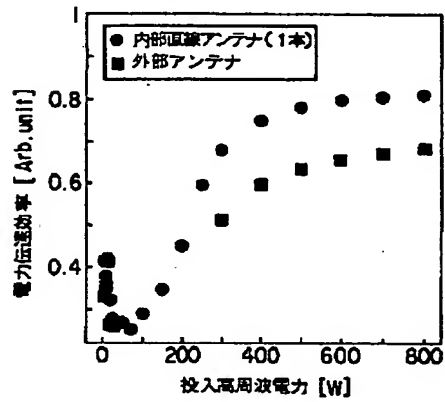
【図4】



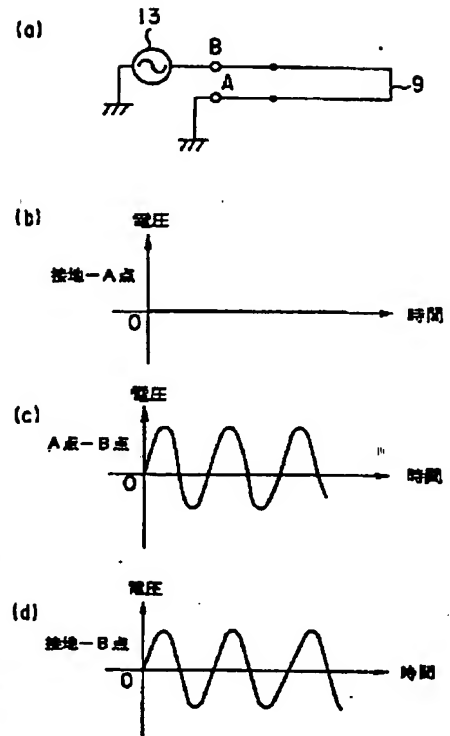
【図24】



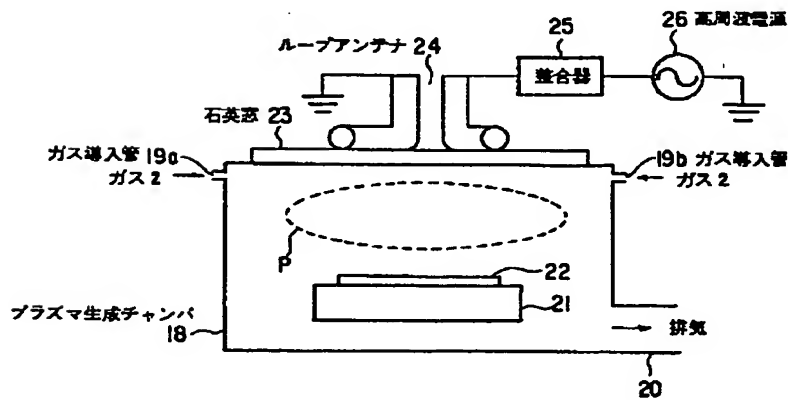
【図5】



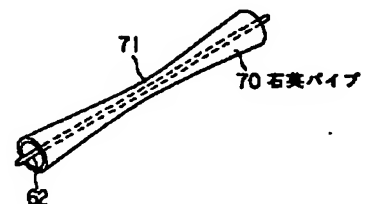
【図10】



【図6】

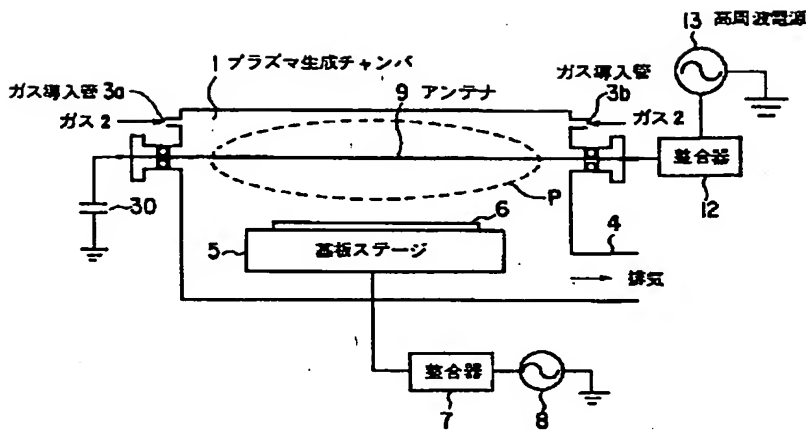


【図26】

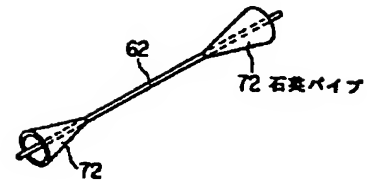




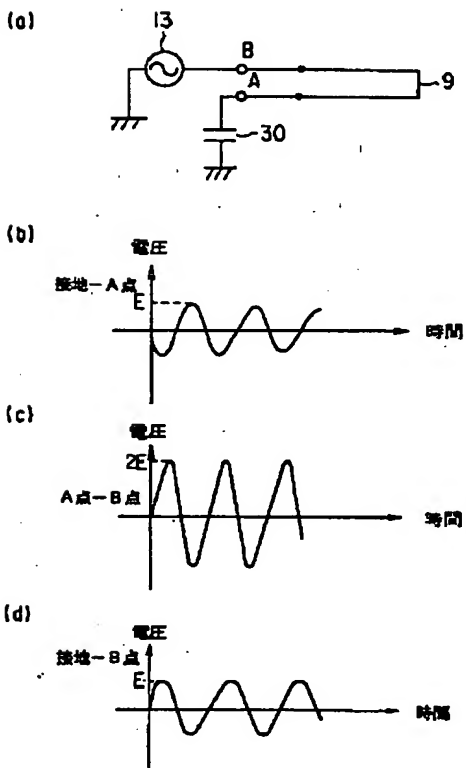
【図9】



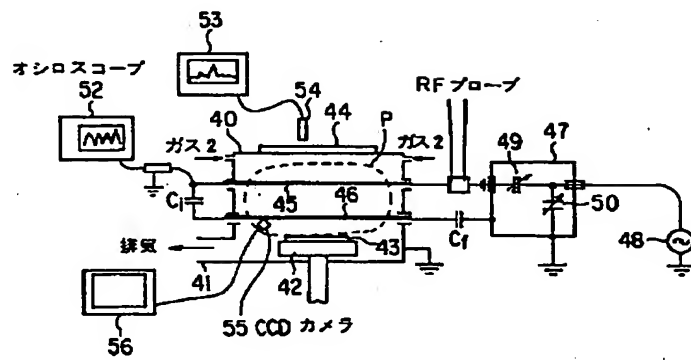
【図27】



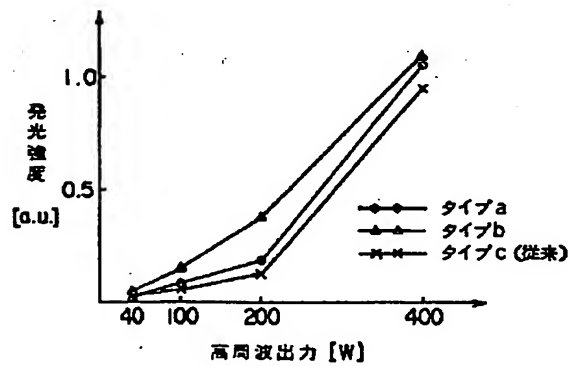
【図11】



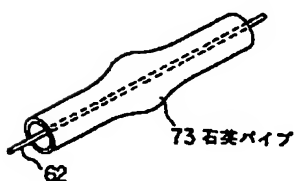
【図14】



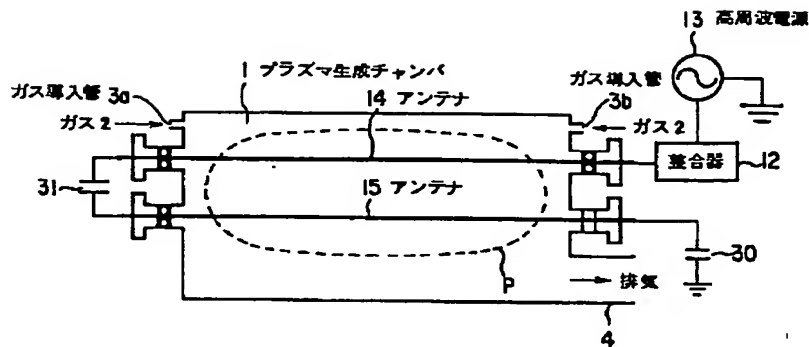
【図18】



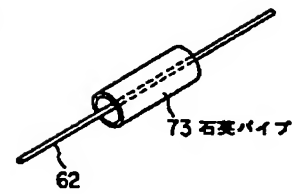
【図29】



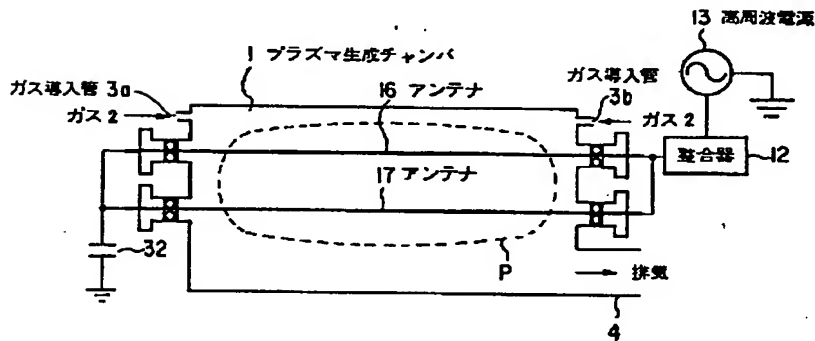
【図12】



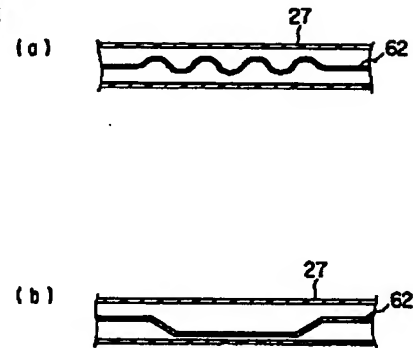
【図28】



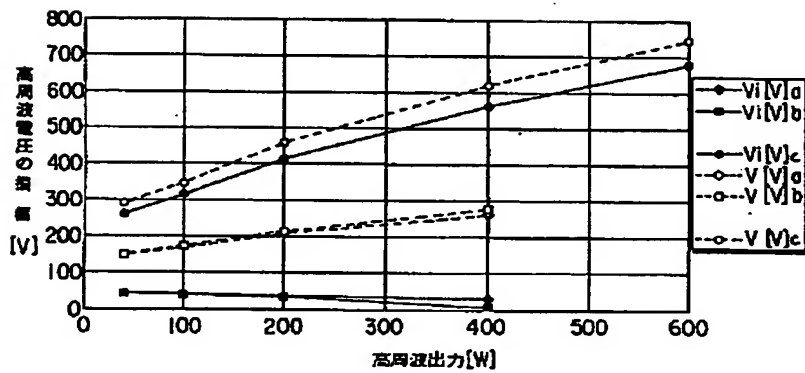
【図13】



【図30】



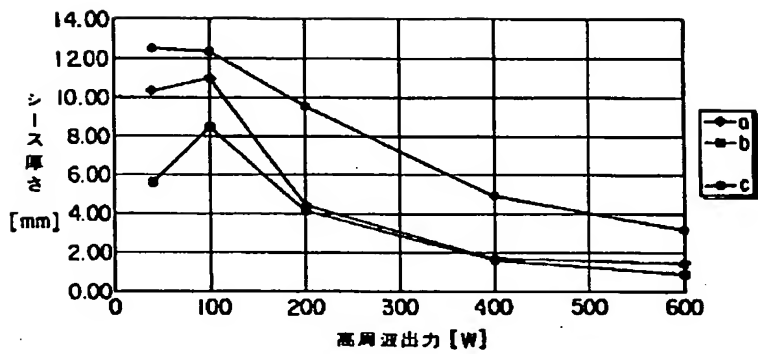
【図17】



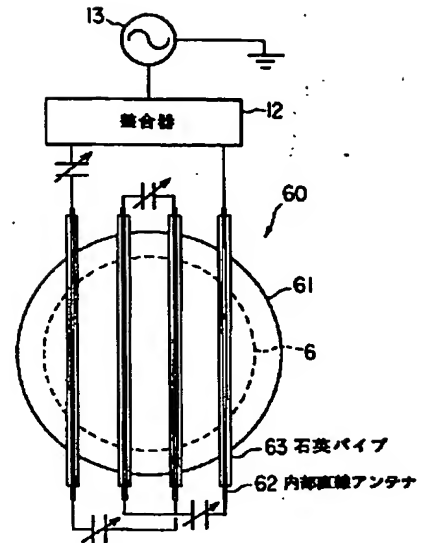
【図19】

		O <sub>2</sub> プラズマ				
タイプ		40W	100W	200W	400W	600W
発光強度 [a.u.]	a	10.30	10.90	4.40	1.70	1.50
	b	5.60	8.40	4.10	1.60	0.93
	c	12.50	12.30	9.50	4.90	3.20

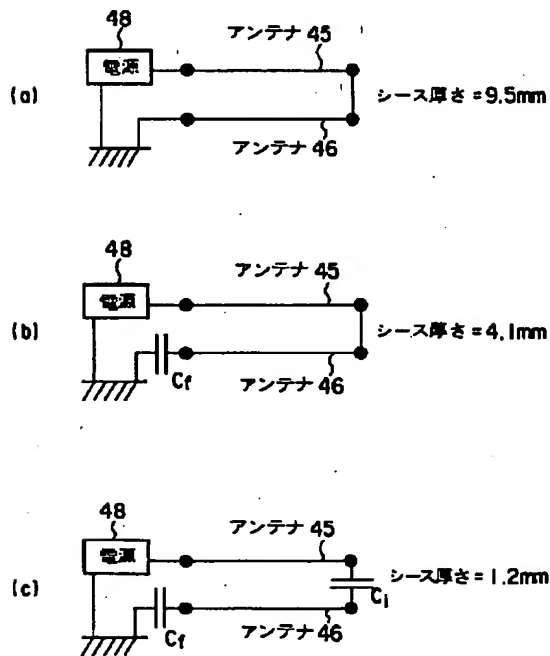
【図20】



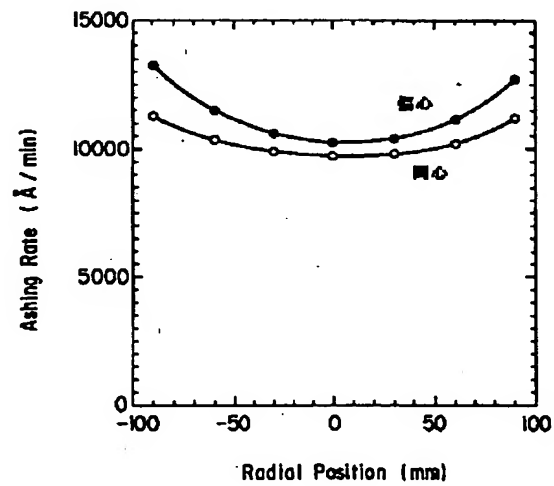
【図22】



【図21】



【図25】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**